

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Februar 2001 (08.02.2001)

PCT

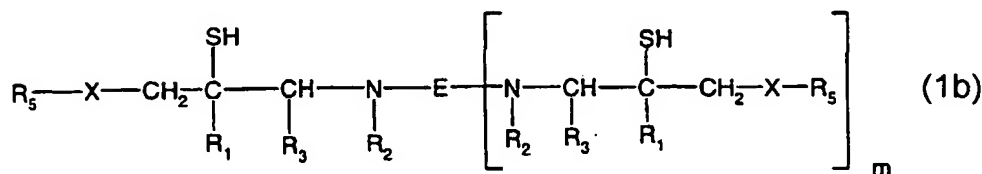
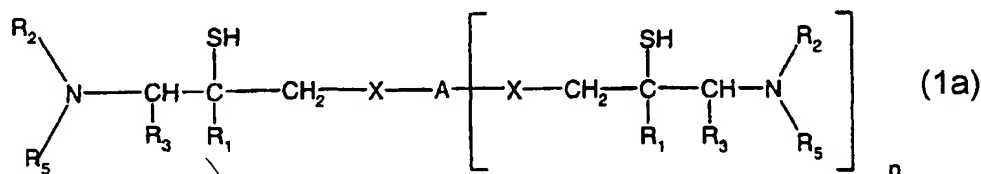
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/09221 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: C08G 59/66, 59/56, C07C 323/25 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VANTICO AG [CH/CH]; Klybeckstrasse 200, CH-4057 Basel (CH).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/06931 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 2000 (20.07.2000) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FISCHER, Walter [CH/CH]; Vogesenstrasse 77, CH-4153 Reinach (CH). GABUTTI, Claudio, Alexander [CH/CH]; Vogesenstrasse 12, CH-4106 Therwil (CH). FRISCHINGER, Isabelle [FR/FR]; 12, rue de Ferrette, F-68640 Riespach (FR). WIESENDANGER, Rolf [CH/CH]; Rheintalweg 69, CH-4125 Riehen (CH).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 1389/99 28. Juli 1999 (28.07.1999) CH (74) Gemeinsamer Vertreter: VANTICO AG; Patents/Scientific Information, Klybeckstrasse 200, CH-4057 Basel (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AMINE HARDENER FOR EPOXY RESINS

(54) Bezeichnung: AMINHÄRTER FÜR EPOXIDHARZE



(57) Abstract: The invention relates to compounds of formula (Ia) or (Ib). In said formulas, A represents an aliphatic, cycloaliphatic, araliphatic or aromatic radical of the value (n + 1) and n is a whole number from 0 to 5, E represents an aliphatic, cycloaliphatic, araliphatic or aromatic radical of the value (m + 1) and m is a whole number from 0 to 3, X stands for -O-, -COO-, or -CHR₄-, whereby R₄ and R₃ together form an ethylene group, R₁ and R₂ independently of one another represent hydrogen or methyl, R₃ represents hydrogen or R₃ and R₄ together form an ethylene group, and R₅ represents a monovalent aliphatic, cycloaliphatic, araliphatic or aromatic radical. The inventive compounds are highly reactive hardening agents for epoxy resins and produce hardened products with improved chemical resistance.

(57) Zusammenfassung: Verbindungen der Formel (Ia) oder (Ib), worin A einen (n + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist, E einen (m + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und m eine ganze Zahl von 0 bis 3 ist, X für -O-, -COO-, oder -CHR₄- steht, wobei R₄ und R₃ zusammen eine Ethylengruppe bilden, R₁ und R₂ unabhängig voneinander Wasserstoff oder Methyl bedeuten, R₃ Wasserstoff bedeutet oder R₃ und R₄ zusammen eine Ethylengruppe bilden, und R₅ einen einwertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt, sind hochreaktive Härtungsmittel für Epoxidharze und liefern gehärtete Produkte mit verbesserter Chemikalienresistenz.

WO 01/09221 A1



(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Aminhärter für Epoxidharze

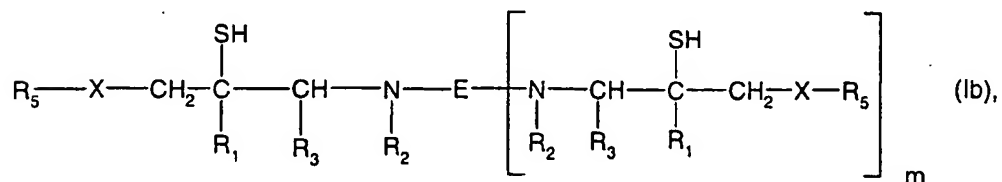
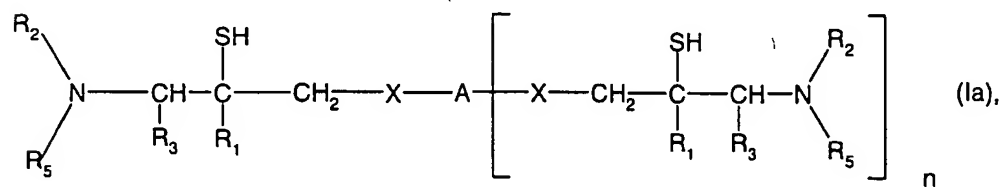
Die vorliegende Erfindung betrifft Polymercaptopolyamine, ein Verfahren zu deren Herstellung, Epoxidharz-Zusammensetzungen enthaltend solche Polymercaptopolyamine sowie die Verwendung dieser Zusammensetzungen.

Im U.S. Patent Nr. 5,143,999 werden Mischungen aus Polyaminen und von Polyoxyalkylen-glykolen abgeleiteten Dithiolen als Härter für Epoxidharze beschrieben. Die daraus hergestellten gehärteten Produkte zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität und gute zähelastische Eigenschaften kombiniert mit guten Festigkeits- und Härte-Werten aus.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, Härtungsmittel für Epoxidharze bereitzustellen, die gehärtete Produkte mit verbesserter Chemikalienresistenz liefern.

Es wurde nun gefunden, daß bestimmte Polymercaptopolyamine schon bei tiefen Temperaturen hochreaktiv gegenüber Epoxidharzen sind und daß die daraus erhaltenen gehärteten Produkte sowohl eine verbesserte Chemikalienresistenz als auch eine erhöhte Witterungsbeständigkeit aufweisen.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Verbindungen der Formel Ia oder Ib,



worin A einen (n + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist,

E einen (m + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und m eine ganze Zahl von 0 bis 3 ist,

X für -O-, -COO-, oder -CHR₄- steht, wobei R₄ und R₃ zusammen eine Ethylengruppe bilden, R₁ und R₂ unabhängig voneinander Wasserstoff oder Methyl bedeuten, R₃ Wasserstoff bedeutet oder R₃ und R₄ zusammen eine Ethylengruppe bilden, und R₅ einen einwertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt.

In der Formel Ia kann A grundsätzlich für jeden beliebigen ein- bis sechswertigen Rest eines Epoxids stehen. Bevorzugt sind zwei-, drei- und vierwertige Reste.

Beispiele für aliphatische Reste sind Ethylen, Propylen, Tetramethylen, Hexamethylen, Poly(oxyethylen), Poly(oxypropylen), Poly(oxytetramethylen), 2-Methyl-1,5-pentandiyl, 2,2,4-Trimethyl-1,6-hexandiyl, 2,4,4-Trimethyl-1,6-hexandiyl und die Reste von aliphatischen Alkoholen nach dem Entfernen der OH-Gruppen, wie beispielsweise die Reste des Trimethylolpropan, des Pentaerythrits und des Dipentarythrits.

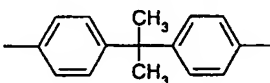
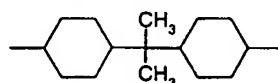
Cycloaliphatische Reste sind zum Beispiel Cyclopentyl, Cyclohexyl, 1,3-Cyclopentyl, 4-Methyl-1,3-cyclopentyl, 1,2-Cyclohexyl, 1,3-Cyclohexyl, 1,4-Cyclohexyl, 4-Methyl-1,3-cyclohexyl, 2,5-Norbornandiyl, 2,6-Norbornandiyl, 7,7-Dimethyl-2,5-Norbornandiyl, 7,7-Dimethyl-2,6-Norbornandiyl, Cyclohexan-1,3-dimethyl, Cyclohexan-1,4-dimethyl, 3-Methyl-3,5,5-trimethylcyclohexyl (Isophoron), Norbornan-2,5-dimethyl, Norbornan-2,6-dimethyl, 7,7-Dimethylnorbornan-2,5-dimethyl und 7,7-Dimethylnorbornan-2,6-dimethyl und die Reste von cycloaliphatischen Alkoholen nach dem Entfernen der OH-Gruppen, wie beispielsweise die Reste von hydriertem Bisphenol A und hydriertem Bisphenol F.

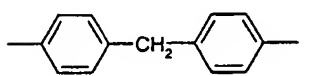
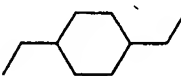
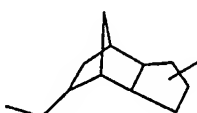
Geeignete araliphatische Reste sind beispielsweise Benzyl, die Reste von 1,2-, 1,3- und 1,4-Bis-(hydroxymethyl)benzol, die Reste von 1,2,3-, 1,2,4-, 1,2,5- und 1,3,5-Tris-(hydroxymethyl)benzol und die Reste von Bis-(hydroxymethyl)naphthalin. Beispiele für aromatische Reste sind Phenyl, Naphthyl, die Reste von Bisphenolen, wie Bisphenol A, Bisphenol F und Dihydroxybiphenyl, und die Reste von Phenol- und Kresolnovolaken.

Bevorzugt sind Verbindungen der Formel Ia, worin X -O- bedeutet und A für einen zweiwertigen Rest eines Bisphenols oder eines cycloaliphatischen Diols, für den Rest eines

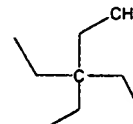
Phenol- oder Kresolnovolaks, für den zwei- bis vierwertigen Rest eines Isocyanat/Polyol-Addukts oder für den drei- bis sechswertigen Rest eines tri- bis hexafunktionellen aliphatischen Polyols steht.

Besonders bevorzugt sind Verbindungen der Formel Ia, worin X -O- bedeutet und A für

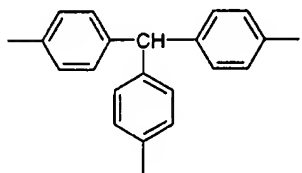
einen zweiwertigen Rest der Formeln  ,  ,

 ,  oder  , für den Rest

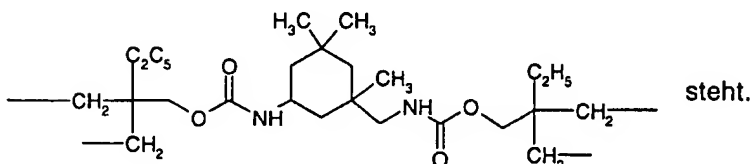
eines Phenol- oder Kresolnovolaks, für einen dreiwertigen Rest der Formeln



oder



oder für den vierwertigen Rest der Formel



R₅ steht in der Formel Ia und Ib vorzugsweise für unsubstituiertes oder mit einer oder mehreren Aminogruppen, Hydroxylgruppen, C₁-C₈-Alkoxygruppen oder Halogenatomen substituiertes C₁-C₂₀-Alkyl, C₅-C₁₂-Cycloalkyl, C₆-C₁₀-Aryl oder C₇-C₁₂-Aralkyl.

Geeignete Alkylgruppen als R₅ sind zum Beispiel Methyl, Ethyl, Isopropyl, n-Propyl, n-Butyl, Isobutyl, sek.-Butyl, tert.-Butyl sowie die verschiedenen isomeren Pentyl-, Hexyl-, Heptyl-, Octyl-, Nonyl-, Decyl-, Undecyl-, Dodecyl-, Tridecyl-, Tetradecyl-, Pentadecyl-, Hexadecyl-, Heptadecyl- und Octadecylgruppen.

Bei Cycloalkyl handelt es sich bevorzugt um C₅-C₈-Cycloalkyl, besonders um C₅- oder C₆-Cycloalkyl. Einige Beispiele sind Cyclopentyl, Methylcyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl und Cyclooctyl.

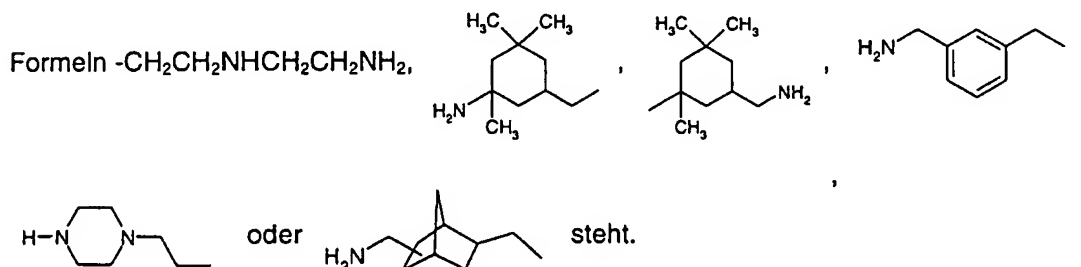
Aralkyl enthält bevorzugt 7 bis 12 C-Atome und besonders bevorzugt 7 bis 10 C-Atome. Es kann sich zum Beispiel um Benzyl, Phenethyl, 3-Phenylpropyl, α -Methylbenzyl, 4-Phenylbutyl und α,α -Dimethylbenzyl handeln.

Arylgruppen sind beispielsweise Phenyl, Toly, Mesityl, Isityl, Naphthyl und Anthryl.

Bevorzugt sind Verbindungen der Formel Ia und Ib, worin R₅ für C₂-C₁₀-Alkyl, C₂-C₁₀-Aminoalkyl, Phenyl, Benzyl, Cyclohexyl oder für einen Rest der Formel H₂N-Z-CH₂-NH- steht, worin Z einen zweiwertigen cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest oder einen Rest der Formel -(CH₂CH₂NH)_k-CH₂- darstellt, worin k 2 oder 3 bedeutet.

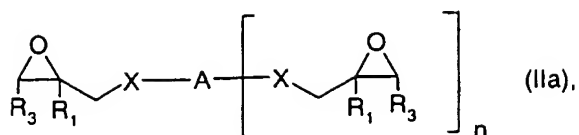
Geeignete Reste Z sind beispielsweise die oben für A angegebenen zweiwertigen Reste.

Besonders bevorzugt sind Verbindungen der Formel Ia und Ib, worin R₁ für n-Butyl, n-Octyl, Cyclohexyl, Benzyl, 2-Aminoethyl, 4-(Aminomethyl)pentyl, 5-Amino-2-methylpentyl, 3-Dimethylaminopropyl, 3-Methylaminopropyl, 4-Aminocyclohexyl oder für einen Rest der

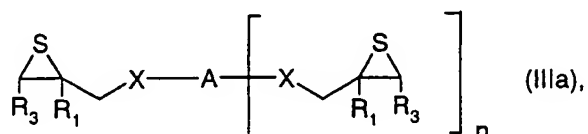


Bevorzugt sind außerdem Verbindungen der Formel Ia oder Ib, worin X für O- steht und R₁ und R₃ Wasserstoff bedeuten.

Die Verbindungen der Formel Ia können nach bekannten Methoden aus den Epoxidverbindungen der Formel IIa hergestellt werden, worin A, X, R₁, R₃ und n die oben angegebene Bedeutung haben:



Dabei wird die Epoxidverbindung der Formel IIa in einem ersten Reaktionsschritt durch Umsetzung mit Thioharnstoff oder einem Alkali- oder Ammoniumthiocyanat, vorzugsweise Kaliumthiocyanat, in das Episulfid der Formel IIIa überführt



Thioharnstoff bzw. Thiocyanat wird dabei zweckmäßig in einer solchen Menge eingesetzt, daß auf ein Epoxidäquivalent 0,8 bis 1,2 Äquivalente Schwefel entfallen.

Die Reaktion kann in aprotischen oder protischen organischen Lösungsmitteln oder Gemischen davon durchgeführt werden. Bevorzugt sind Alkohole, wie Methanol oder Ethanol, und aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Toluol und Xylol. Die Zugabe von Cosolventien, wie Ether oder Carbonsäuren, kann die Reaktion beschleunigen.

Die Reaktion kann sowohl bei Raumtemperatur als auch bei erhöhter Temperatur durchgeführt werden; die bevorzugte Reaktionstemperatur liegt zwischen 60 und 100 °C. Das Episulfid der Formel IIIa kann isoliert werden durch Abtrennung der Nebenprodukte mittels Filtration, Extraktion, Phasentrennung und anschließendes Eindampfen des Lösungsmittels.

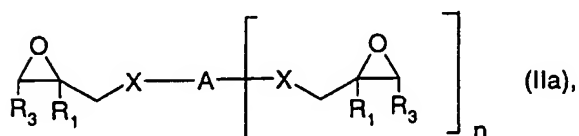
Es ist aber auch möglich, das Episulfid der Formel IIIa als Rohprodukt in Lösung ohne Abtrennung der Nebenprodukte direkt weiterzuverarbeiten.

Das Episulfid der Formel IIIa wird dann in einem aprotischen oder protischen organischen Lösungsmittel gelöst und unter Inertgas (Argon oder Stickstoff) mit dem Amin $\text{R}_5\text{-NH-R}_2$ umgesetzt. Die Menge desamins wird dabei vorzugsweise so gewählt, daß auf eine Episulfidgruppe 1-10 NH-Gruppen entfallen. Bevorzugte Lösungsmittel sind Alkohole (z.B. Methanol, Ethanol, t-Butanol) und aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Toluol oder Xylol. Auch das Amin $\text{R}_1\text{-NH}_2$ wird vorzugsweise als Lösung in einem der oben erwähnten organischen Lösungsmittel eingesetzt.

Die Umsetzung wird zweckmäßig bei erhöhter Temperatur durchgeführt, vorzugsweise bei 40 °C - 120 °C.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel Ia können isoliert werden, indem das Lösungsmittel unter vermindertem Druck abdestilliert wird. Der Überschuss an Amin $R_5\text{-NH-R}_2$ kann dann bei erhöhter Temperatur ebenfalls destillativ entfernt werden. In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung wird das Amin $R_5\text{-NH-R}_2$ als Co-Härter eingesetzt; in diesem Fall ist eine Trennung von Produkt der Formel Ia und Amin $R_5\text{-NH-R}_2$ nicht notwendig, sondern das Reaktionsprodukt kann ohne weitere Aufarbeitung als Härter für Epoxidharze eingesetzt werden. Dieses Vorgehen empfiehlt sich insbesondere bei Verwendung von Di- oder Polyaminen.

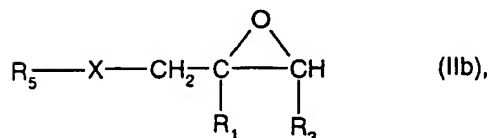
Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit auch ein Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel Ia durch Reaktion einer Verbindung der Formel IIa



worin A, X, R_1 , R_3 und n die oben angegebene Bedeutung haben, mit Thioharnstoff oder einem Thiocyanat und anschließender Umsetzung des so erhaltenen Episulfids mit einem Amin der Formel $R_5\text{-NH-R}_2$, worin R_5 und R_2 die oben angegebene Bedeutung haben.

Die Verbindungen der Formel Ib lassen sich analog aus den entsprechenden Epoxidverbindungen der Formel IIb herstellen.

Einen weiteren Erfindungsgegenstand bildet daher ein Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel Ib durch Reaktion einer Verbindung der Formel IIb



worin X, R_1 , R_3 und R_5 die oben angegebene Bedeutung haben, mit Thioharnstoff oder einem Thiocyanat und anschließender Umsetzung des so erhaltenen

Episulfids mit einem Polyamin der Formel $E-(NHR_2)_{m+1}$, worin E R_2 und m die oben angegebene Bedeutung haben.

Episulfide können zum Beispiel auch aus den entsprechenden Epoxiden durch Umsetzung mit Triphenylphosphinsulfid synthetisiert werden.

Außerdem können Episulfide nach bekannten Methoden direkt aus den entsprechenden Alkenen hergestellt werden, beispielsweise durch Umsetzung mit m-Chlorperbenzoesäure und anschließender Reaktion mit Thioharnstoff in Gegenwart von H_2SO_4 , durch Umsetzung mit Propylensulfid in Gegenwart von Rhodium-Katalysatoren sowie durch Reaktion mit (Diethoxyphosphoryl)sulfonylchlorid, (Diethoxythiophosphoryl)sulfonylbromid, Thiobenzophenone S-oxid oder Bis(trimethylsilyl)sulfid.

Wie eingangs erwähnt, eignen sich die erfindungsgemäßen Polymercaptopolyamine insbesondere als Härter für Epoxidharze.

Einen weiteren Erfindungsgegenstand bildet eine Zusammensetzung enthaltend
(A) ein Epoxidharz mit durchschnittlich mehr als einer 1,2-Epoxidgruppe pro Molekül und
(B) eine Verbindung der Formel Ia oder Ib.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen eignen sich als Komponente A die in der Epoxidharztechnik üblichen Epoxidharze. Beispiele für Epoxidharze sind:

I) Polyglycidyl- und Poly-(β -methylglycidyl)-ester, erhältlich durch Umsetzung einer Verbindung mit mindestens zwei Carboxylgruppen im Molekül und Epichlorhydrin bzw. β -Methylepichlorhydrin. Die Umsetzung erfolgt zweckmäßig in der Gegenwart von Basen.

Als Verbindung mit mindestens zwei Carboxylgruppen im Molekül können aliphatische Polycarbonsäuren verwendet werden. Beispiele für solche Polycarbonsäuren sind Oxalsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Adipinsäure, Pimelinsäure, Korksäure, Azelainsäure oder dimerisierte bzw. trimerisierte Linolsäure.

Es können aber auch cycloaliphatische Polycarbonsäuren eingesetzt werden, wie beispielsweise Tetrahydrophthalsäure, 4-Methyltetrahydrophthalsäure, Hexahydrophthalsäure oder 4-Methylhexahydrophthalsäure.

Weiterhin können aromatische Polycarbonsäuren Verwendung finden, wie beispielsweise Phthalsäure, Isophthalsäure oder Terephthalsäure.

II) Polyglycidyl-oder Poly-(β -methylglycidyl)-ether, erhältlich durch Umsetzung einer Verbindung mit mindestens zwei freien alkoholischen Hydroxygruppen und/oder phenolischen Hydroxygruppen mit Epichlorhydrin oder β -Methylepichlorhydrin unter alkalischen Bedingungen oder in Anwesenheit eines sauren Katalysators mit anschließender Alkalibehandlung.

Die Glycidylether dieses Typs leiten sich beispielsweise von acyclischen Alkoholen ab, z.B. von Ethylenglykol, Diethylenglykol oder höheren Poly-(oxyethylen)glykolen, Propan-1,2-diol oder Poly-(oxypropylen)-glykolen, Propan-1,3-diol, Butan-1,4-diol, Poly-(oxytetramethylen)-glykolen, Pentan-1,5-diol, Hexan-1,6-diol, Hexan-2,4,6-triol, Glycerin, 1,1,1-Trimethylolpropan, Pentaerythrit, Sorbit, sowie von Polyepichlorhydrinen.

Weitere Glycidylether dieses Typs leiten sich ab von cycloaliphatischen Alkoholen, wie 1,4-Cyclohexandimethanol, Bis-(4-hydroxycyclohexyl)-methan oder 2,2-Bis-(4-hydroxycyclohexyl)-propan, oder von Alkoholen, die aromatische Gruppen und/oder weitere funktionelle Gruppen enthalten, wie N,N-Bis-(2-hydroxyethyl)-anilin oder p,p'-Bis-(2-hydroxyethylamino)-diphenylmethan.

Die Glycidylether können auch auf einkernigen Phenolen, wie beispielsweise Resorcin oder Hydrochinon, oder auf mehrkernigen Phenolen, wie beispielsweise Bis-(4-hydroxyphenyl)-methan, 4,4'-Dihydroxybiphenyl, Bis-(4-hydroxyphenyl)-sulfon, 1,1,2,2-Tetrakis-(4-hydroxyphenyl)-ethan, 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan oder 2,2-Bis-(3,5-dibrom-4-hydroxyphenyl)-propan, basieren.

Weitere geeignete Hydroxyverbindungen zur Herstellung von Glycidylethern sind Novolake, erhältlich durch Kondensation von Aldehyden, wie Formaldehyd, Acetaldehyd, Chloral oder Furfuraldehyd, mit Phenolen oder Bisphenolen, die unsubstituiert oder mit Chloratomen oder C₁-C₉-Alkylgruppen substituiert sind, wie beispielsweise Phenol, 4-Chlorphenol, 2-Methylphenol oder 4-tert.-Butylphenol.

III) Poly-(N-glycidyl)-verbindungen, erhältlich durch Dehydrochlorierung der Reaktionsprodukte von Epichlorhydrin mit Aminen, die mindestens zwei Aminwasserstoffatome enthalten. Bei diesen Aminen handelt es sich zum Beispiel um Anilin, n-Butylamin, Bis-(4-aminophenyl)-methan, m-Xylylendiamin oder Bis-(4-methylaminophenyl)-methan.

Zu den Poly-(N-glycidyl)-verbindungen zählen aber auch Triglycidylisocyanurat, N,N'-Di-glycidyl-derivate von Cycloalkylenharnstoffen, wie Ethylenharnstoff oder 1,3-Propylenharnstoff, und Diglycidyl-derivate von Hydantoinen, wie von 5,5-Dimethylhydantoin.

IV) Poly-(S-glycidyl)-verbindungen, beispielsweise Di-S-glycidyl-derivate, die sich von Dithiolen, wie beispielsweise Ethan-1,2-dithiol oder Bis-(4-mercaptomethylphenyl)-ether, ableiten.

V) Cycloaliphatische Epoxidharze, wie beispielsweise Bis-(2,3-epoxycyclopentyl)-ether, 2,3-Epoxycyclopentylglycidylether, 1,2-Bis-(2,3-epoxycyclopentyl)-ethan oder 3,4-Epoxycyclohexylmethyl-3',4'-epoxycyclohexancarboxylat.

Es lassen sich aber auch Epoxidharze verwenden, bei denen die 1,2-Epoxidgruppen an unterschiedliche Heteroatome bzw. funktionelle Gruppen gebunden sind; zu diesen Verbindungen zählen beispielsweise das N,N,O-Triglycidyl-derivat des 4-Aminophenols, der Glycidylether-glycidylester der Salicylsäure, N-Glycidyl-N'-(2-glycidylloxypropyl)-5,5-dimethylhydantoin oder 2-Glycidylloxy-1,3-bis-(5,5-dimethyl-1-glycidylhydantoin-3-yl)-propan.

Bevorzugt verwendet man zur Herstellung der erfindungsgemäßen Epoxidharzzusammensetzungen einen flüssigen oder festen Polyglycidylether oder -ester, insbesondere einen flüssigen oder festen Bisphenoldiglycidylether oder einen festen oder flüssigen Diglycidylester einer cycloaliphatischen oder aromatischen Dicarbonsäure, oder ein cycloaliphatisches Epoxidharz. Es können auch Gemische von Epoxidharzen verwendet werden.

Als feste Polyglycidylether und -ester kommen Verbindungen mit Schmelzpunkten oberhalb Raumtemperatur bis etwa 250°C in Betracht. Bevorzugt liegen die Schmelzpunkte der festen

Verbindungen im Bereich von 50 bis 150°C. Solche festen Verbindungen sind bekannt und zum Teil im Handel erhältlich. Als feste Polyglycidylether und -ester können auch die durch Vorverlängerung von flüssigen Polyglycidylethern und -estern erhaltenen Advancement-Produkte verwendet werden.

Insbesondere enthalten die erfindungsgemäßen Epoxidharzzusammensetzungen einen flüssigen Polyglycidylether oder -ester.

Besonders bevorzugt als Komponente A sind Bisphenol A-diglycidylether, Bisphenol F-diglycidylether, Gemische aus Bisphenol A-diglycidylether und Bisphenol F-diglycidylether, Epoxyurethane, aliphatische Epoxidharze wie Trimethylolpropantriglycidylether sowie cycloaliphatische Epoxidharze wie Hexahydrophthalsäurediglycidylester.

Die erfindungsgemäßen Polymercaptopolyamine können vorteilhaft in Kombination mit anderen Epoxid-Härtern, insbesondere mit den üblichen Aminhärtern, eingesetzt werden.

Einen weiteren Erfindungsgegenstand bildet daher eine Zusammensetzung enthaltend

- (A) ein Epoxidharz,
- (B) eine Verbindung der Formel Ia oder Ib und
- (C) ein Polyamin.

Beispiele für geeignete Polyamine C sind aliphatische, cycloaliphatische, aromatische und heterocyclische Amine, wie Bis(4-aminophenyl)methan, Anilin-Formaldehyd-Harze, Benzylamin, n-Octylamin, Propan-1,3-diamin, 2,2-Dimethyl-1,3-propandiamin (Neopentandiamin), Hexamethyldiamin, Diethylentriamin, Bis(3-aminopropyl)amin, N,N-Bis-(3-aminopropyl)methylamin, Triethylentetramin, Tetraethylenpentamin, Pentaethylenhexamin, 2,2,4-Trimethylhexan-1,6-diamin, m-Xylyldiamin, 1,2- und 1,4-Diaminocyclohexan, Bis(4-aminocyclohexyl)methan, Bis(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan, 2,2-Bis(4-aminocyclohexyl)propan und 3-Aminomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexylamin (Isophorondiamin), Polyaminoimidazoline sowie Polyaminoamide, wie beispielsweise solche aus aliphatischen Polyaminen und dimerisierten oder trimerisierten Fettsäuren. Geeignete Amine(C) sind auch die als Jeffamine bekannten Polyoxyalkylenamine der Firma Texaco, wie z.B. Jeffamine EDR148, D230, D400 oder T403.

Weitere geeignete Polyamine (C) sind 1,14-Diamino-4,11-dioxatetradecan, Dipropylentriamin, 2-Methyl-1,5-pentandiamin, N,N'-Dicyclohexyl-1,6-hexandiamin, N,N'-Dimethyl-1,3-diaminopropan, N,N'-Diethyl-1,3-diaminopropan, N,N-Dimethyl-1,3-diaminopropan, sekundäre Polyoxypropylendi- und -triamine, 2,5-Diamino-2,5-dimethylhexan, Bis-(amino-methyl)tricyclopentadien, m-Aminobenzylamin, 1,8-Diamino-p-menthan, Bis- (4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan, 1,3-Bis(aminomethyl)cyclohexan, Dipentylamin, Bis(4-amino-3,5-diethylphenyl)methan, 3,5-Diethyltoluol-2,4-diamin und 3,5-Diethyltoluol-2,6-diamin.

Bevorzugt als Komponente A der erfindungsgemässen Stoffgemische sind cycloaliphatische und aliphatische Amine, insbesondere die zur Herstellung der erfindungsgemässen Polymercaptopolyamine verwendeten Amine der Formeln R_5-NH-R_2 und $E-(NHR_2)_{m+1}$.

Das Mengenverhältnis der Komponenten A und B und gegebenenfalls C kann in den erfindungsgemässen Zusammensetzungen in weiten Bereichen variieren. Das optimale Verhältnis ist u.a. abhängig vom Amintyp und kann vom Fachmann leicht ermittelt werden.

Die Komponenten B und gegebenenfalls C werden vorzugsweise in solchen Mengen eingesetzt, daß die Summe der Amin- und Mercaptanäquivalente 0,5 bis 2,0, besonders bevorzugt 0,8 bis 1,5 und insbesondere bevorzugt 0,9 bis 1,2 Äquivalente, bezogen auf ein Epoxidäquivalent, beträgt.

Die erfindungsgemässen Zusammensetzungen können gegebenenfalls Beschleuniger, wie zum Beispiel tertiäre Amine oder Imidazole, enthalten.

Weiterhin können die härtbaren Mischungen Zähigkeitsvermittler ("Toughener") enthalten, wie zum Beispiel Core/Shell-Polymere oder die dem Fachmann als "Rubber Toughener" bekannten Elastomere oder Elastomere enthaltende Pfropfpolymere.

Geeignete Zähigkeitsvermittler sind beispielsweise in der EP-A-449 776 beschrieben.

Außerdem können die härtbaren Mischungen Füllstoffe enthalten, wie beispielsweise Metallpulver, Holzmehl, Glaspulver, Glaskugeln, Halbmetall- und Metalloxide, wie zum Beispiel SiO_2 (Aerosile, Quarz, Quarzmehl, Quarzgutmehl), Korund und Titanoxid,

Halbmetall- und Metallnitride, wie zum Beispiel Siliziumnitrid, Bornitrid und Aluminiumnitrid, Halbmetall- und Metallcarbid (SiC), Metallcarbonate (Dolomit, Kreide, CaCO_3), Metallsulfate (Baryt, Gips), Gesteinsmehle und natürliche oder synthetische Mineralien hauptsächlich aus der Silikatreihe, wie zum Beispiel Zeolithe (insbesondere Molekularsiebe) Talkum, Glimmer, Kaolin, Wollastonit, Bentonit und andere.

Neben den oben erwähnten Additiven können die härtbaren Gemische weitere übliche Zusatzstoffe enthalten, wie z.B. Antioxidantien, Lichtschutzmittel, Weichmacher, Farbstoffe, Pigmente, Thixotropiemittel, Zähigkeitsverbesserer, Entschäumer, Antistatika, Gleitmittel und Entformungshilfsmittel.

Die Härtung der erfindungsgemäßen Epoxidharzzusammensetzungen zu Formkörpern, Beschichtungen oder dergleichen erfolgt in für die Epoxidharztechnik üblicher Weise, wie sie beispielsweise im "Handbook of Epoxy Resins", 1967, von H. Lee und K. Neville beschrieben wird.

Besonders hervorzuheben ist die hohe Reaktivität der erfindungsgemäßen Polymercaptopolyamine gegenüber Epoxidharzen schon bei tiefen Temperaturen (-5 °C bis 25 °C).

Die härtbaren Mischungen weisen nur eine geringe Neigung zur Carbonatisierung (Trübung) auf.

Die gehärteten Produkte zeichnen sich durch eine überraschend hohe Chemikalienresistenz und Witterungsbeständigkeit aus.

Die durch Härtung einer erfindungsgemäßen Zusammensetzung erhältlichen vernetzten Produkte stellen einen weiteren Erfindungsgegenstand dar.

Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen eignen sich ausgezeichnet als Beschichtungsmittel, Klebstoff, Bindemittel für Verbundwerkstoffe oder Gießharz zur Herstellung von Formkörpern.

Beispiele:

I. Herstellung der Verbindungen der Formel I

a) Allgemeine Vorschrift zur Herstellung der Polyepisulfide:

Das Polyepoxid der Formel II wird in der 0,5- bis 5-fachen Menge Lösungsmittel gelöst und unter Stickstoff mit Thioharnstoff bzw. Alkali- oder Ammoniumthiocyanat (0,8-1,2 Äquivalente Schwefel pro Epoxidäquivalent) solange bei 60-100 °C gerührt, bis der Epoxidgehalt auf nahezu Null gefallen ist.

Nach Abtrennung der Nebenprodukte mittels Filtration, Extraktion oder Phasentrennung wird das Polyepisulfid durch Eindampfen des Lösungsmittels isoliert.

b) Allgemeine Vorschrift zur Herstellung der Polymercaptopolyamine:

Das Polyepisulfid wird in der 0,5- bis 5-fachen Menge Lösungsmittel gelöst und unter Stickstoff unter starkem Rühren mit dem Amin vereinigt, welches ebenfalls in der 0,5- bis 5-fachen Menge Lösungsmittel gelöst ist. Die Menge des Amins wird dabei so gewählt, daß auf eine Episulfidgruppe 1-10 NH₂-Gruppen entfallen. Nach 0,2- bis 3-stündigem Rühren bei 60-100 °C wird das Lösungsmittel unter vermindertem Druck abdestilliert. Zur Isolierung des Polymercaptopolyamins der Formel I wird der Überschuss an Amin-Reagens durch Vakuumdestillation bei erhöhter Temperatur entfernt.

In einer Ausführungsform der Erfindung wird auf die Entfernung des überschüssigen Amins verzichtet, und das Gemisch aus dem Amin R₁-NH₂ und dem Polymercaptopolyamin der Formel I wird als Härter für Epoxidharze eingesetzt.

Nach der oben angegebenen Arbeitsvorschrift werden aus folgenden Diaminen R₁-NH₂ und Epoxiden der Formel II erfindungsgemäße Polymercaptopolyamine hergestellt (Beispiele I.1-I.19):

BA:	n-Butylamin
OA:	n-Octylamin
CYA:	Cyclohexylamin
BZA:	Benzylamin
MBA:	Methylbutylamin
DMDP:	N,N-Dimethyl-1,3-diaminopropan
MDP:	N-Methyl-1,3-diaminopropan
DACY:	1,2-Diaminocyclohexan
AEP:	N-2-Aminoethylpiperazin
DETA:	Diethylentriamin
IPD:	Isophorondiamin
MXDA:	meta-Xylylendiamin

DYTEK-A: 1,5-Diamino-2-methylpentan

NBDA: Isomerengemisch aus 2,5- und 2,6-Bis(aminomethyl)norbornan

EDA: Ethylendiamin

Epoxid 1: flüssiger Bisphenol A-diglycidylether mit einem Epoxidgehalt von 5,25-5,4 val/kg

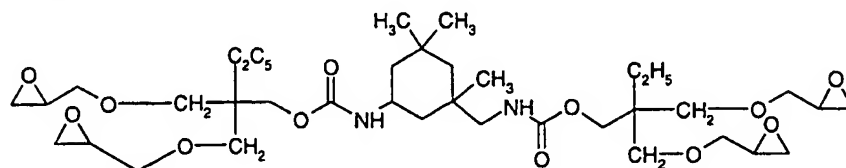
Epoxid 2: flüssiges Gemisch aus Bisphenol A-diglycidylether und Bisphenol F-diglycidylether mit einem Epoxidgehalt von 5,5-5,8 val/kg

Epoxid 3: 1,4-Bis(hydroxymethyl)cyclohexandiglycidylether

Epoxid 4: Epoxyphenolnovolak mit einem Epoxidgehalt von 5,6-5,8 val/kg

Epoxid 5: Diglycidylether von hydriertem Bisphenol A

Epoxid 6: Tetraglycidylether der Formel



Epoxid 7: Bisphenol A-di-(β -methylglycidyl)ether

Epoxid 8: Trimethylolpropantriglycidylether

Epoxid 9: Hexahydrophthalsäurediglycidylester (Epoxidzahl: 5,6-6,2 val/kg)

Epoxid 10: Phenylglycidylether

Die Reaktionsbedingungen und die Eigenschaften der Endprodukte sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1:

Beispiel	Ausgangsprodukte		Molverhältnis Episulfid/Amin	T/°C	Viskosität [mPa · s]	Aminwert [Äquivalent/kg]
	Amin	Epoxid				
I.1	DETA	Epoxid 1	1 : 5	100	1900 ^{*)}	10,5
I.2	DETA	Epoxid 1	1 : 5	100	>50000	7,1
I.3	IPD	Epoxid 1	1 : 5	100	5300 ^{*)}	7,6
I.4	MXDA	Epoxid 1	1 : 5	60	2030 ^{*)}	9,6
I.5	MXDA	Epoxid 1	1 : 5	60	>50000	-
I.6	MXDA	Epoxid 1	1 : 4	60	9000 ^{*)}	8,5
I.7	MXDA	Epoxid 2	1 : 5	55	2200 ^{*)}	9,2
I.8	MXDA	Epoxid 2	1 : 4	55	4400 ^{*)}	8,1
I.9	MXDA	Epoxid 2	1 : 3	55	50000 ^{*)}	7,6
I.10	IPD	Epoxid 2	1 : 5	100	27000 ^{*)}	7,8
I.11	IPD	Epoxid 2	1 : 3	100	>50000 ^{*)}	6,3
I.12	DETA	Epoxid 2	1 : 5	100	2000 ^{*)}	-
I.13	DYTEK-A	Epoxid 2	1 : 5	100	1600 ^{*)}	10,0
I.14	NBDA	Epoxid 2	1 : 5	60	13500 ^{*)}	8,4
I.15	EDA	Epoxid 2	1 : 5	100	>50000	-
I.16	MXDA	Epoxid 3	1 : 5	60	300 ^{*)}	9,8
I.17	MXDA	Epoxid 3	1 : 4	60	500 ^{*)}	8,8
I.18	IPD	Epoxid 3	1 : 4	60	970 ^{*)}	-
I.19	DETA	Epoxid 3	1 : 5	100	>50000	-
I.20	BA	Epoxid 2	1 : 10	77	>60000	2,6
I.21	CYA	Epoxid 2	1 : 10	100	>60000	3,3
I.22	BZA	Epoxid 2	1 : 10	100	>60000	2,8
I.23	OA	Epoxid 2	1 : 10	90	>60000	
I.24	CYA	Epoxid 4	1 : 10	100	>60000	4,1
I.25	BZA	Epoxid 4	1 : 10	100	>60000	3,6
I.26	BA	Epoxid 3	1 : 10	80	3000-7000	2,9
I.27	CYA	Epoxid 3	1 : 10	100	>60000	3,1
I.28	BZA	Epoxid 3	1 : 10	100	10200	3,0
I.29	OA	Epoxid 3	1 : 10	100		
I.30	BA	Epoxid 5	1 : 10	75	>128000	2,15

Beispiel	Ausgangsprodukte		Molverhältnis Episulfid/Amin	T/°C	Viskosität [mPa · s]	Aminwert [Äquivalent/kg]
	Amin	Epoxid				
I.31	MBA	Epoxid 5	1 : 10	75	13440	-
I.32	BA	Epoxid 6	1 : 20	75	>128000 ^{*)}	2,04
I.33	MBA	Epoxid 6	1 : 20	60	12800	-
I.34	IPD	Epoxid 6	1 : 20	60	>128000 ^{*)}	7,83
I.35	DMDP	Epoxid 3	1 : 10	70	1400	7,42
I.36	MDP	Epoxid 3	1 : 10	65	43520	6,17
I.37	DACY	Epoxid 3	1 : 5	65	840	10,71
I.38	AEP	Epoxid 3	1 : 5	65	400	10,45
I.39	MBA	Epoxid 3	1 : 2	67	1040	-
I.40	BA	Epoxid 7	1 : 10	70	>128000	3,10
I.41	DACY	Epoxid 3	1 : 2	75	87040	6,34
I.42	AEP	Epoxid 3	1 : 2	77	11520	6,72
I.43	MBA	Epoxid 6	1 : 15	80	1160	-
I.44	MBA	Epoxid 8	1 : 3	70	>128000	-
I.45	IPD	Epoxid 10	2 : 1	75	>128000	2,83
I.46	BA	Epoxid 10	1 : 5	78	3040	2,75

^{*)} Gemisch aus Amin R_1-NH_2 und Polymercaptopolyamin; auf destillative Entfernung des Überschusses an R_1-NH_2 ist verzichtet worden.

^{**)} praktisch geliert

Anwendungsbeispiele**II.1 Polymercaptopolyamin als Härter für Epoxidharze**

100 g eines flüssigen Bisphenol A-diglycidylethers mit einem Epoxidgehalt von 5,25-5,4 val/kg werden mit 28 g des Polymercaptopolyamins aus Beispiel I.4 bei 20 °C vermischt. Das Gemisch wird mittels Rakel auf Glasplatten oder Stahlplatten aufgezogen (Schichtdicke: 0,2 mm) und 10 d bei 20 °C ausgehärtet.

Zum Vergleich werden 100 g des gleichen Epoxidharzes mit 20 g eines handelsüblichen Aminhärters (DETA) unter den gleichen Bedingungen ausgehärtet.

Die ausgehärteten Beschichtungen zeigen die in Tabelle 2 angegebenen Eigenschaften.

Tabelle 2:

Beispiel II.1	erfindungsgemäß (Polymercaptopolyamin)	Vergleich (DETA)
Viskosität (DIN 53018 T1/76) [mPa · s]	5600	8650
Gelierzzeit nach TECAM bei 20 °C [min]	35	15
Staubtrockenzeit [h] bei 20 °C	2.0	> 30
bei 5 °C	2.5	> 30
Ausschwitzen bei 5 °C	nein	stark
Härte nach Persoz (ISO 1552) [s] bei 20 °C		
nach 1 Tag	358	340
nach 1 Woche	383	365
nach 1 Monat	394	355
Härte nach Persoz (ISO 1552) [s] bei 5 °C		
nach 1 Tag	235	80
nach 1 Woche	267	220
nach 1 Monat	386	250

II.2 Polymercaptopolyamin als Co-Härter im Gemisch mit anderen Polyaminhärttern

100 g eines flüssigen Bisphenol A-diglycidylether mit einem Epoxidgehalt von 5,25-5,4 val/kg werden mit 17 g eines handelsüblichen Aminhärters (DETA) und 4,2 g des Polymercaptopolyamins aus Beispiel I.5 vermischt. Das Gemisch wird wie in Beispiel II.1 angegeben verarbeitet und ausgehärtet.

Zum Vergleich wird die oben angegebene Mischung ohne den Zusatz des Polymercaptopolyamins unter den gleichen Bedingungen ausgehärtet.

Die ausgehärteten Beschichtungen zeigen die in Tabelle 3 angegebenen Eigenschaften.

Tabelle 3:

Beispiel II.2	erfindungsgemäß (Polymercaptopolyamin + DETA)	Vergleich (DETA)
Gelierzeit nach TECAM bei 20 °C [min]	19	15
Staubtrockenzeit [h] bei 20 °C/65 % rel. Luftfeuchtigkeit	4	>30
Durchhärtungszeit [h] bei 20 °C/65 % rel. Luftfeuchtigkeit	13	>30
Härte nach Persoz (ISO 1552) [s]		
nach 1 d bei 20 °C	310	195
nach 7 d bei 20 °C	349	229
nach 1 d bei 5 °C	73 (klebrig)	24 (klebrig)
nach 7 d bei 5 °C	148 (klebrig)	39 (klebrig)

II.3 Polymercaptopolyamin als Härter für Epoxidharze

Das gemäß Beispiel I.26 hergestellte Polymercaptopolyamin wird mit den in Tabelle 4 angegebenen Epoxidharzen und weiteren Zusätzen gemischt und ausgehärtet.

Die Eigenschaften der Mischungen und der gehärteten Produkte sind ebenfalls in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4:

Beispiel	II.3.1	II.3.2	II.3.3
Epoxid 9 [g]	41		
Epoxid 8 [g]		37,4	
Epoxid 6 [g]			43,32
Polymercaptopolyamin [g]	29	32,6	26,68
TiO ₂ (Kronos 2310) [g]	30	30	30
Fließmittel BYK 300 [g]	0,14	0,14	0,14
Methylethylketon [g]			8,8
Viskosität (Epprecht Viskosimeter) bei 20 °C			
der frisch zubereiteten Mischung [mPa · s]	5760	3520	2720
nach 60 min [mPa · s]	>128000	>128000	76800
Härtung 12 Tage bei RT			
Härte nach Persoz [s]	20	24	63
Schlagverformung ¹⁾ (direkt impact) [cm · kg]	>160	>30	>60
Schlagverformung (reverse impact) [cm · kg]	>80	>20	>20
Erichsentiefungstest ²⁾ [mm]	10,5	8,9	9,3
Acetontest	2	2	1-2
Härtung 30 min bei 80 °C und 12 d bei RT			
Härte nach Persoz [s]	20	26	113
Schlagverformung ¹⁾ (direkt impact) [cm · kg]	>160	>30	>60
Schlagverformung (reverse impact) [cm · kg]	>80	>10	>30
Erichsentiefungstest ²⁾ [mm]	10,6	9,1	9,8
Acetontest ³⁾	2	2	1

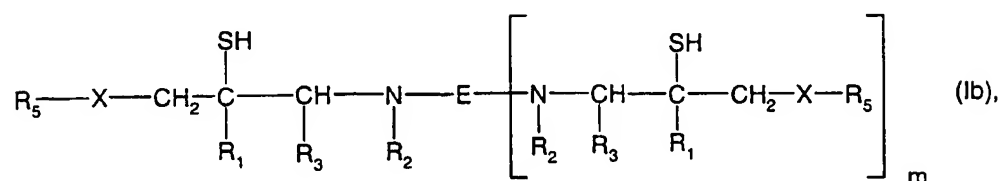
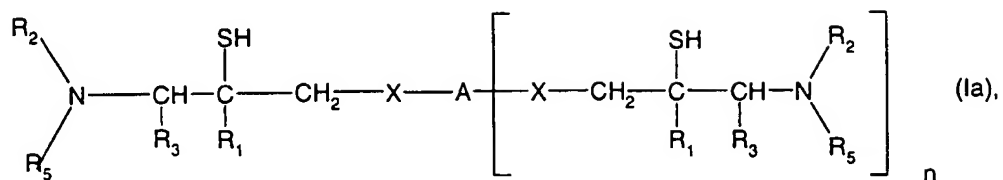
¹⁾ Die Schlagverformung (direkt impact) wird bestimmt, indem man einen Stempel mit einem Gewicht von 2 kg, an dessen Unterseite sich eine Kugel von 20 mm Durchmesser befindet, mit der Unterseite voraus aus bestimmter Höhe direkt auf die beschichtete Fläche fallen lässt. Der angegebene Wert ist das Produkt aus dem Gewicht des Stempels in kg und der Versuchshöhe in cm, bei der noch keine Beschädigung der Beschichtung feststellbar ist. Bei der Schlagverformung (reverse impact) wird der Stempel auf die der Beschichtung abgewandten Seite fallengelassen.

²⁾ nach DIN 53156

³⁾ Nach DIN 53320. Die Probe wird 1 min in Aceton gehalten. Das Ergebnis wird gemäß der folgenden fünfteiligen Skala beurteilt: 0 = unverändert; 1 = bremsend, nicht mit dem Fingernagel kratzbar; 2 = schwer kratzbar, evtl. Watte gefärbt; 3 = erweicht, leicht kratzbar; 4 = beginnende Ab- oder Auflösung; 5 = vollständige Auflösung.

Patentansprüche

1. Verbindung der Formel Ia oder Ib,



worin A einen (n + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist,

E einen (m + 1)-wertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und m eine ganze Zahl von 0 bis 3 ist,

X für -O-, -COO-, oder -CHR₄- steht, wobei R₄ und R₃ zusammen eine Ethylengruppe bilden,

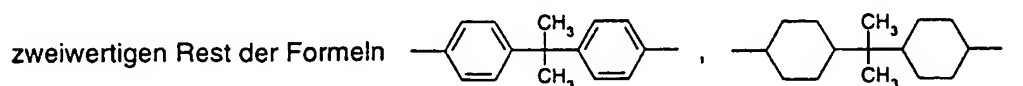
R₁ und R₂ unabhängig voneinander Wasserstoff oder Methyl bedeuten,

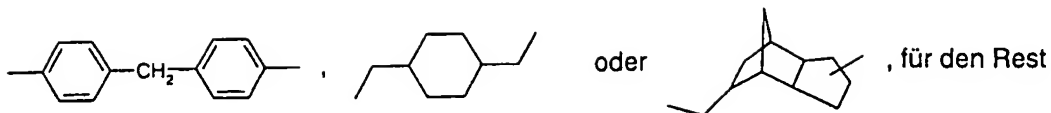
R₃ Wasserstoff bedeutet oder R₃ und R₄ zusammen eine Ethylengruppe bilden,

und R₅ einen einwertigen aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest darstellt.

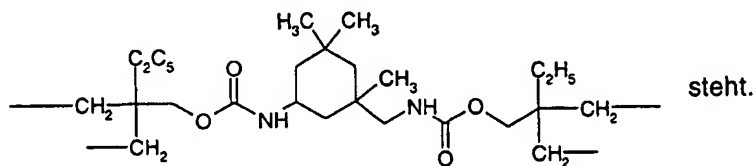
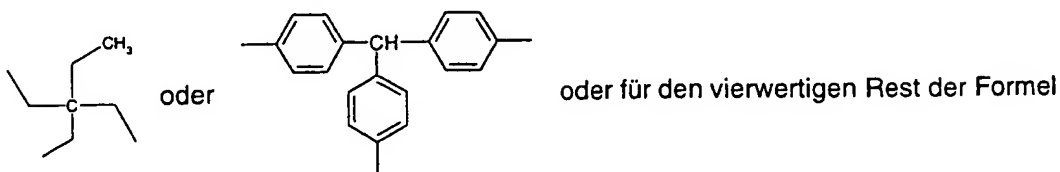
2. Verbindung der Formel Ia nach Anspruch 1, worin X -O- bedeutet und A für einen zweiwertigen Rest eines Bisphenols oder eines cycloaliphatischen Diols, für den Rest eines Phenol- oder Kresolnovolaks, für den zwei- bis vierwertigen Rest eines Isocyanat/Polyol-Addukts oder für den drei- bis sechswertigen Rest eines tri- bis hexafunktionellen aliphatischen Polyols steht.

3. Verbindung der Formel Ia nach Anspruch 1, worin X -O- bedeutet und A für einen

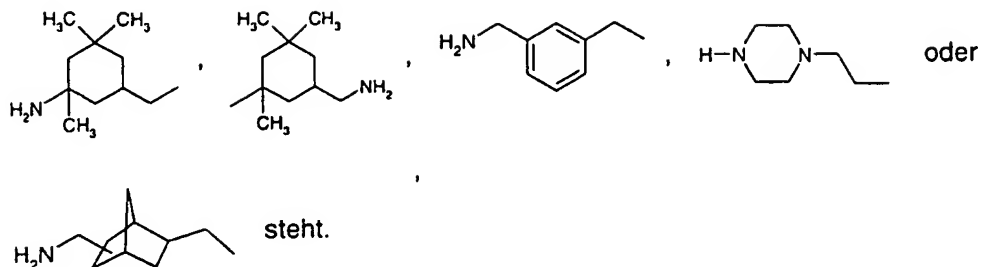




eines Phenol- oder Kresolnovolaks, für einen dreiwertigen Rest der Formeln

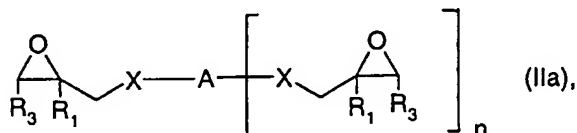


4. Verbindung der Formel Ia oder Ib nach Anspruch 1, worin R_5 unsubstituiertes oder mit einer oder mehreren Aminogruppen, Hydroxylgruppen, C_1 - C_8 -Alkoxygruppen oder Halogenatomen substituiertes C_1 - C_{20} -Alkyl, C_5 - C_{12} -Cycloalkyl, C_6 - C_{10} -Aryl oder C_7 - C_{12} -Aralkyl bedeutet.
5. Verbindung der Formel Ia oder Ib nach Anspruch 1, worin R_5 für C_2 - C_{10} -Alkyl, C_2 - C_{10} -Aminoalkyl, Phenyl, Benzyl, Cyclohexyl oder für einen Rest der Formel $H_2N-Z-CH_2-NH-$ steht, worin Z einen zweiwertigen cycloaliphatischen, araliphatischen oder aromatischen Rest oder einen Rest der Formel $-(CH_2CH_2NH)_k-CH_2-$ darstellt, worin k 2 oder 3 bedeutet.
6. Verbindung der Formel Ia oder Ib nach Anspruch 1, worin R_1 für n-Butyl, n-Octyl, Cyclohexyl, Benzyl, 2-Aminoethyl, 4-(Aminomethyl)pentyl, 5-Amino-2-methylpentyl, 3-Dimethylaminopropyl, 3-Methylaminopropyl, 4-Aminocyclohexyl oder für einen Rest der Formeln $-CH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$,



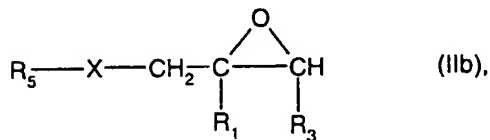
7. Verbindung der Formel Ia oder Ib nach Anspruch 1, worin X für O- steht und R_1 und R_3 Wasserstoff bedeuten.

8. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel Ia gemäß Anspruch 1 durch Reaktion einer Verbindung der Formel IIa



worin A, X, R_1 , R_3 und n die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung haben, mit Thioharnstoff oder einem Thiocyanat und anschließender Umsetzung des so erhaltenen Episulfids mit einem Amin der Formel $R_5\text{-NH-R}_2$, worin R_5 und R_2 die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung haben.

9. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel Ib gemäß Anspruch 1 durch Reaktion einer Verbindung der Formel IIb



worin X, R_1 , R_3 und R_5 die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung haben, mit Thioharnstoff oder einem Thiocyanat und anschließender Umsetzung des so erhaltenen Episulfids mit einem Polyamin der Formel $E\text{-(NHR}_2\text{)}_{m+1}$, worin E R_2 und m die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung haben.

10. Zusammensetzung enthaltend
 - (A) ein Epoxidharz und
 - (B) eine Verbindung der Formel Ia oder Ib gemäß Anspruch 1.
11. Zusammensetzung nach Anspruch 10 enthaltend zusätzlich
 - (C) ein Polyamin.
12. Zusammensetzung nach Anspruch 10 oder 11 enthaltend die Komponenten B und gegebenenfalls C in solchen Mengen, daß die Summe der Amin- und Mercaptanäquivalente 0,5 bis 2,0 Äquivalente, bezogen auf ein Epoxidäquivalent, beträgt.
13. Vernetzte Produkte erhältlich durch Härtung einer Zusammensetzung nach Anspruch 10.
14. Verwendung einer Zusammensetzung nach Anspruch 10 als Beschichtungsmittel, Klebstoff, Bindemittel für Verbundwerkstoffe oder Gießharz zur Herstellung von Formkörpern.